

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 894 523 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.02.1999 Patentblatt 1999/05

(51) Int. Cl.⁶: B01D 53/86, B01F 5/06,
B01J 35/02, F01N 3/28

(21) Anmeldenummer: 97112962.2

(22) Anmeldetag: 28.07.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE

(71) Anmelder:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

(72) Erfinder:

- Neufert, Roland, Dr.rer.nat.
96247 Michelau (DE)
- Mathes, Wieland, Dipl.-Ing.
96247 Michelau (DE)
- Wenzlawski, Klaus, Dr.Ing.
90429 Nürnberg (DE)
- Welsensel, Dietmar
93161 Sinzing (DE)

- Wissler, Gerhard, Dr.rer.nat.
93104 Sünching (DE)
- Pajonk, Günther, Dr.rer.nat.
96199 Zapfendorf/OT Lauf (DE)
- Hofmann, Lothar, Dipl.-Ing.
96224 Burgkunstadt (DE)
- Weigl, Manfred, Dipl.-Phys.
93161 Sinzing (DE)
- Zürbig, Jürgen, Dr.rer.nat.
96224 Burgkunstadt (DE)
- Dölling, Winfried, Dipl.-Ing.
96369 Weissenbrunn/Kronach (DE)
- Tost, Rainer
90427 Nürnberg (DE)

Die andere Erfinder haben auf ihre Nennung verzichtet

(54) Statischer Mischer sowie Abgasleitung für eine Verbrennungsanlage

(57) Erfindungsgemäß wird ein statischer Mischer (1) mit einer katalytisch aktiven Beschichtung (26) zur Hydrolyse von Harnstoff (40) in Ammoniak angegeben. Durch einen derartigen statischen Mischer (1) läßt sich ein Hydrolyse-Katalysator ersetzen. Das Bauvolumen eines Gesamtsystems zur katalytischen Entfernung von

Stickoxiden mittels Harnstoff (40) nach dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion verringert sich daher um den Raumbedarf eines Hydrolyse-Katalysators.

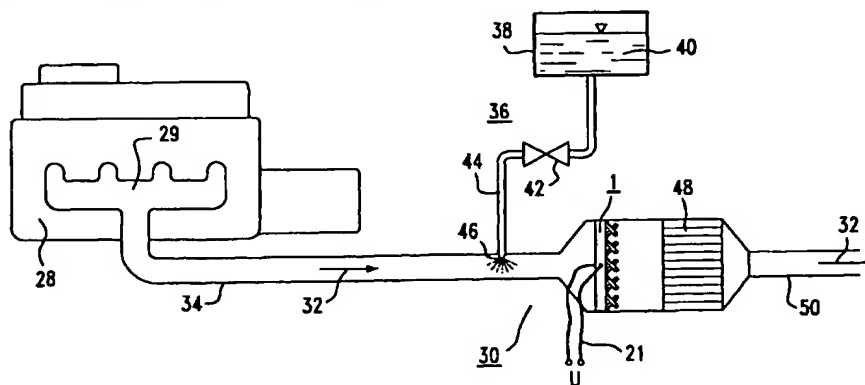


FIG 3

BEST AVAILABLE COPY

EP 0 894 523 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen statischen Mischer sowie eine Abgasleitung für eine Verbrennungsanlage, in welcher der statische Mischer angeordnet ist. Der statische Mischer ist dabei mit einer Anzahl von Misch-

[0002] Ein statischer Mischer wird im allgemeinen in von einem Fluid durchströmten Strömungskanal eingebaut und dient dazu, zuvor in das Fluid eingebrachte Stoffe mit diesem zu vermischen und möglichst homogen zu verteilen. Mittels eines statischen Mixers können damit z.B. in das Fluid eingebrachte Gase miteinander vermischt werden. Auch können flüssige oder staubförmige Stoffe in dem Fluid gleichmäßig verteilt werden.

[0003] Eine bevorzugte Anwendungsform für einen statischen Mischer ist die Vermischung eines stickoxidhaltigen Abgases einer Verbrennungsanlage mit einem Reduktionsmittel wie beispielsweise Ammoniak, das nachfolgend in einen bekannten DeNO_x-Katalysator geleitet wird. Dort werden die Stickoxide und das Reduktionsmittel nach dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion katalytisch in Wasser sowie molekularem Stickstoff umgesetzt.

[0004] Aus der DE 43 13 393 A1 ist ein statischer Mischer bekannt, welcher eine Anzahl von in Strömungsrichtung des Fluids aus der Ebene des Mixers herausragende Mischelemente aufweist. Der Mischer ist dabei ferner mit einer Funktionsschicht beschichtet, die bereits Aufgaben einer nachfolgenden Anlagenkomponente wahrnimmt. Insbesondere ist die Funktionsschicht als eine katalytisch aktive Beschichtung ausgebildet, welche Titandioxid mit einem oder mehreren der Zusätze Wolframtrioxid, Molybdäntrioxid und Vanadinpentoxid umfaßt. Auf diese Weise übernimmt der statische Mischer teilweise bereits die Aufgabe eines nachgeschalteten DeNO_x-Katalysators, nämlich die Zersetzung von im Fluid enthaltenen Stickoxiden.

[0005] Speziell bei der Zersetzung von im Abgas enthaltenen Stickoxiden mittels des Verfahrens der selektiven katalytischen Reduktion ist es bekannt, anstelle von Ammoniak ein Reduktionsmittel wie Harnstoff, Ammoniakwasser oder sonstige organische Vorläuferverbindungen zu verwenden, welches nach der Einbringung in das Abgas Ammoniak freisetzt. Ein derartiges Reduktionsmittel bietet gegenüber Ammoniak den Vorteil einer leichteren Handhabbarkeit. Die Verwendung von Harnstoff hat sich hierbei insbesondere bei der Entstickung von Abgasen einer stationären Verbrennungsanlage, wie beispielsweise einem Dieselmotor, welcher zur Traktion eines PKW oder eines LKW eingesetzt wird, durchgesetzt.

[0006] Um die Zersetzung des Reduktionsmittels zu beschleunigen, ist es ferner bekannt, dieses auf einen sogenannten Hydrolyse-Katalysator aufzusprühen, wel-

cher einem DeNO_x-Katalysator vorgeschaltet ist, und das Reduktionsmittel durch Hydrolyse in Ammoniak umsetzt.

[0007] Ein effektives Gesamtsystem zur Entstickung eines Fluids oder eines Abgases mittels eingedüstem Reduktionsmittel nach dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion umfaßt daher eine Einbringvorrichtung für das Reduktionsmittel, einen in Strömungsrichtung des Abgases oder Fluids nachgeschalteten Hydrolyse-Katalysator, einen diesem nachgeschalteten statischen Mischer zur Vermischung des entstandenen Ammoniaks mit dem Fluid oder dem Abgas und einen dem Mischer folgenden DeNO_x-Katalysator. Aufgrund der vielen Einzelkomponenten beansprucht ein derartiges System ein relativ großes Bauvolumen, was insbesondere bei kleinen vorgegebenen Bauräumen, wie beispielsweise in einer Abgasleitung eines PKW oder eines LKW, zu Problemen führt. Aber auch in einer Abgasleitung einer großtechnischen Verbrennungsanlage wie einem Fossilkraftwerk oder einer Müllverbrennungsanlage beansprucht ein derartiges System unzumutbar viel Bauraum.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es daher, den Bauraum eines Gesamtsystems zur Entstickung eines Fluids oder eines Abgases mittels eines Reduktionsmittels nach dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion gegenüber dem Stand der Technik ohne einen Effizienzverlust zu verringern.

[0009] Diese Aufgabe wird mit einem statischen Mischer mit einer Anzahl von Mischelementen zur Verwirbelung eines den Mischer durchströmenden Fluids, welcher mit einer katalytisch aktiven Beschichtung, umfassend Titandioxid, versehen ist, erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Beschichtung katalytisch aktiv ist für die Hydrolyse eines Ammoniak freisetzenden Reduktionsmittels.

[0010] Bisherige Überlegungen zur Verringerung des Bauraums zielen darauf ab, den statischen Mischer und den DeNO_x-Katalysator zu einem Bauelement zu kombinieren, welches das Reduktionsmittel mit dem Fluid durchmischt und dabei gleichzeitig die enthaltenen Stickoxide katalytisch zersetzt.

[0011] Die Erfindung geht nun von der Überlegung aus, daß sich durch eine Kombination des statischen Mixers mit dem DeNO_x-Katalysator keine befriedigende Lösung erreichen läßt, da ein statischer Mischer eine zu geringe Oberfläche für eine katalytische Zersetzung der Stickoxide aufweist und ein DeNO_x-Katalysator auf der anderen Seite sich aufgrund der für eine katalytische Zersetzung notwendigen baulichen Gegebenheiten wie einer gewissen Anzahl von separaten Strömungskanälen nicht für eine gute Vermischung eignet.

[0012] Ein statischer Mischer kann jedoch die Aufgabe eines Hydrolyse-Katalysators übernehmen, da ein derartiger Hydrolyse-Katalysator die Zersetzung des Reduktionsmittels in Ammoniak lediglich unterstützt. Ein Teil des Reduktionsmittels zerfällt aufgrund der ver-

hältnismäßig hohen Temperatur Abgas von selbst.

[0013] Wird daher ein statischer Mischer mit einer katalytisch aktiven Beschichtung zur Hydrolyse des Reduktionsmittels versehen, so kann dieser auch aufgrund seiner gegenüber einem Katalysator verhältnismäßig kleinen Oberfläche dennoch einen vorgeschalteten Hydrolyse-Katalysator vollständig ersetzen.

[0014] Besonders vorteilhaft für die katalytische Aktivität hinsichtlich der Hydrolyse von Harnstoff ist es, wenn die katalytisch aktive Beschichtung neben Titandioxid einen oder mehrere der Zusätze Wolframtrioxid, Molybdäntrioxid und Vanadinpentoxid umfaßt. Das Titandioxid ist vorteilhafterweise ein Titandioxid mit einer spezifischen Oberfläche von 5 bis 100 m²/g und einem Porenvolumen von 20 bis 800 ml/g ist. Durch die vergleichsweise hohe spezifische Oberfläche bei dem angegebenen Porenvolumen wird eine effektive Umsetzung des Reduktionsmittels in Ammoniak erreicht.

[0015] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung umfaßt die katalytisch aktive Beschichtung 65 bis 95 Gew.% des Titandioxids sowie als Zusätze jeweils höchstens 10 Gew.% Wolframtrioxid, Molybdäntrioxid, Sulfat und Phosphat und höchstens 8 Gew.% Vanadinpentoxid. Insbesondere wird dabei durch die Zusätze Sulfat und Phosphat, welche in der katalytisch aktiven Beschichtung in Form von Ionen vorliegen, eine hohe katalytische Aktivität für die Hydrolyse des Harnstoffs erzielt.

[0016] Insbesondere für den Einsatz des statischen Mixers in einer Abgasleitung einer instationären Verbrennungsanlage in einem zur Traktion eingesetzten Dieselmotor ist es vorteilhaft, wenn der statische Mischer mit einer Heizeinrichtung versehen ist. Auf diese Weise kann insbesondere in der Startphase oder bei einem Lastwechsel, wo vergleichsweise niedrige Abgastemperaturen auftreten, das Abgas beim Durchströmen des statischen Mixers aufgewärmt werden. Dadurch wird die bei niedrigen Temperaturen geringe katalytische Aktivität eines nachgeschalteten DeNO_x-Katalysators erheblich verbessert. Gleichzeitig wird durch die Beheizung des statischen Mixers auch dessen Reaktivität für die Hydrolyse des Reduktionsmittels erhöht. Auf diese Weise wird eine hohe Effizienz zur Stickoxidminderung auch bei kalten Abgastemperaturen erreicht.

[0017] Von Vorteil ist es dabei, wenn die Heizeinrichtung eine elektrische Heizeinrichtung ist. Dadurch kann die eingebrachte Heizleistung der jeweils vorherrschenden Temperatur des Fluids leicht durch eine Strom- oder Spannungsänderung angepaßt werden. Die elektrische Heizeinrichtung kann dabei indirekt an oder neben dem statischen Mischer beispielsweise in Form einer Heizwendel oder in Form einer die umgebende Fluidführung umspannenden Heizspule oder auch direkt durch Einschalten des statischen Mixers als Heizwiderstand in einem elektrischen Stromkreis ausgeführt sein.

[0018] Insbesondere für die direkte Ausführung der elektrischen Heizeinrichtung ist es vorteilhaft, wenn die katalytisch aktive Beschichtung des statischen Mixers auf einem Träger aus Metall aufgebracht ist und die elektrische Heizeinrichtung den Träger als Heizwiderstand umfaßt. Dies ermöglicht eine einfache Bauform der elektrischen Heizeinrichtung, da lediglich der metallische Träger durch Anschluß an entsprechende Verbindungsdrähte in den Stromkreis einer Strom- oder Spannungsquelle eingeschaltet werden muß.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung für eine direkte elektrische Heizeinrichtung ist die katalytisch aktive Beschichtung selbst elektrisch leitfähig, wobei die elektrische Heizeinrichtung nunmehr die katalytisch aktive Beschichtung als Heizwiderstand umfaßt. Die eigentlich oxidische oder keramische Beschichtung kann insbesondere durch Einlegen von Metallfäden verhältnismäßig leicht elektrisch leitfähig gemacht werden.

[0020] Die Aufgabe führt weiter zu einer Abgasleitung für eine Verbrennungsanlage, insbesondere für einen Dieselmotor, welche erfindungsgemäß ein von einem Abgas durchströmbares Abgasrohr, eine Einbringvorrichtung für Harnstoff, einen in Strömungsrichtung des Abgases nachgeschalteten statischen Mischer, welcher mit einer katalytisch aktiven Beschichtung zur Hydrolyse eines Reduktionsmittels versehen ist, und einen in Strömungsrichtung des Abgases dem Mischer nachgeschalteten DeNO_x-Katalysator zur Reduzierung der im Abgas enthaltenen Stickoxide umfaßt.

[0021] Durch die katalytisch aktive Beschichtung des statischen Mixers kann auf einen vorgeschalteten Hydrolyse-Katalysator zur Zersetzung des Reduktionsmittels verzichtet werden, so daß das Bauvolumen des Systems verkleinert wird.

[0022] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

FIG 1 eine perspektivische Aufsicht auf die Mischebene eines statischen Mixers,
FIG 2 eine Aufsicht auf die Mischebene gemäß FIG 1 entlang der Linie II bis II, und
FIG 3 einen Dieselmotor mit einer daran angeschlossenen Abgasleitung sowie einem darin angeordneten statischen Mischer.

[0023] FIG 1 zeigt die Mischebene eines statischen Mixers 1, der in Reihen 2 bis 16 angeordnete trapezförmige Mischelemente 18 umfaßt. Die Reihen 2 bis 16 sind in einem metallischen Träger 20 in Form eines Gitters parallel zueinander eingebaut. Die Mischelemente 18 ragen dabei aus der Ebene des Trägers 20 heraus. Die Mischelemente 18 sind innerhalb einer jeden Reihe 2 bis 16 parallel zueinander angeordnet, bzgl. benachbarter Reihen jedoch versetzt angeordnet und um etwa 45° geneigt. Dabei sind die Auslenkelemente 18 benachbarter Reihen gegenläufig geneigt. Sowohl der

Träger 20 als auch die Mischelemente 18 sind mit einem katalytisch aktiven Material 26, was aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich in FIG 2 dargestellt ist, beschichtet. Die Beschichtung 26 umfaßt 87 Gew.% Titandioxid des Anatas-Typs mit einer spezifischen Oberfläche von 60 m²/g und einem Porenvolumen von 320 ml/g. Als Zusätze sind weiter 8 Gew.% Wolframtrioxid, 2 Gew.% Sulfat und 0,1 Gew.% Vanadinpentoxid sowie ein Rest an Bindemittel umfaßt.

[0024] Der statische Mischer 1 ist mit einer elektrischen Heizeinrichtung 21 versehen. Dabei ist der statische Mischer 1 an eine Spannungsquelle 22 mittels der Anschlußdrähte 23 angeschlossen. Die Anschlußdrähte sind dabei jeweils über den Anschluß 24 mit dem metallischen Träger 20 kontaktiert. Die Spannungsquelle 22 ist dabei als eine steuerbare Wechselspannungsquelle ausgeführt.

[0025] Der statische Mischer 1 wird derart in einer Abgasleitung angeordnet, daß er gemäß der eingezeichneten Strömungsrichtung 27 durchströmt wird.

[0026] FIG 2 zeigt zur Verdeutlichung des Aufbaus des statischen Mixers einen Querschnitt gemäß der in FIG 1 gezeigten Linie II bis II. Sowohl der metallische Träger 20 als auch die Mischelemente 18 sind mit der katalytischen aktiven Beschichtung 26 versehen. Die katalytisch aktive Beschichtung 26 kann beispielsweise durch Eintauchen des statischen Mixers 1 in eine entsprechend hergestellte Aufschlämmung aufgebracht werden. Ebenso kann die katalytisch aktive Beschichtung 26 auch aufgesprüht werden.

[0027] In FIG 3 ist als Verbrennungsanlage 28 ein Dieselmotor dargestellt. Der Dieselmotor 28 umfaßt hierbei einen Auspuffkrümmer 29, an den die Abgasleitung 30 angeschlossen ist.

[0028] Über den Auspuffkrümmer 29 gelangt das Abgas 32 des Dieselmotors zunächst in ein Abgasrohr 34 der Abgasleitung 30. Über eine Einbringvorrichtung 36 wird das in einem Vorratstank 38 bevorratete, Ammoniak freisetzende Reduktionsmittel 40 - im vorliegenden Fall ist dies Harnstoff - dem Abgas 32 zugeführt. Dabei wird über ein Dosierventil 42 eine vorgebbare Menge des Reduktionsmittels 40 über eine Zuführleitung 44 einer Zerstäuberdüse 46 zugeführt und fein verteilt in das Abgas 32 eingesprüht.

[0029] Das mit Harnstoff versehene Abgas 32 strömt anschließend durch einen statischen Mischer 1 gemäß FIG 1 und FIG 2, welcher mit einer für die Hydrolyse von Harnstoff katalytisch aktiven Beschichtung versehen ist. Durch die katalytisch aktive Beschichtung mit bereits beschriebener Zusammensetzung wird der Harnstoff 40 in Ammoniak sowie Restbestandteile zersetzt. Gleichzeitig wird das Abgas 32 beim Durchströmen des statischen Mixers 1 homogen mit dem freigesetzten Ammoniak vermischt.

[0030] Das homogen mit Ammoniak vermischte Abgas 32 durchströmt anschließend einen wabenförmigen DeNO_x-Katalysator bekannter Zusammensetzung, wobei die in dem Abgas enthaltenen Stickoxide mittels

Ammoniak nach dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion zu molekularem Stickstoff und Wasser zersetzt werden. Das Abgas 32 wird dann über einen Auspuff 50 gereinigt an die Umwelt abgegeben.

Patentansprüche

1. Statischer Mischer (1) mit einer Anzahl von Mischelementen (18) zur Verwirbelung eines den Mischer (1) durchströmenden Fluids, welcher mit einer katalytisch aktiven Beschichtung (26), umfassend Titandioxid, versehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beschichtung für die Hydrolyse eines Reduktionsmittels, insbesondere von Harnstoff, katalytisch aktiv ist.
2. Statischer Mischer (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die katalytisch aktive Beschichtung (26) neben Titandioxid einen oder mehrere der Zusätze Wolframtrioxid, Molybdäntrioxid und Vanadinpentoxid umfaßt.
3. Statischer Mischer (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Titandioxid ein Titandioxid mit einer spezifischen Oberfläche von 5 bis 100 m²/g und einem Porenvolumen von 20 bis 800 ml/g ist.
4. Statischer Mischer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die katalytisch aktive Beschichtung (26) 65 bis 95 Gew.-% des Titandioxids sowie als Zusätze jeweils höchstens 10 Gew.-% Wolframtrioxid, Molybdäntrioxid, Sulfat und Phosphat und höchstens 8 Gew.-% Vanadinpentoxid umfaßt.
5. Statischer Mischer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß er mit einer Heizeinrichtung versehen ist.
6. Statischer Mischer (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Heizeinrichtung eine elektrische Heizeinrichtung (21) ist.
7. Statischer Mischer (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die katalytisch aktive Beschichtung (26) auf einem Träger (20) aus Metall aufgebracht ist und die elektrische Heizeinrichtung (21) den Träger (20) als Heizwiderstand umfaßt.
8. Statischer Mischer (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die katalytisch aktive Beschichtung (26), insbesondere durch eingelegte Metallfäden, elektrisch leitfähig ist und die elektrische Heizeinrichtung (21) die katalytisch

aktive Beschichtung (26), die Heizwiderstand umfaßt.

9. Abgasleitung (30) für eine Verbrennungsanlage (28), insbesondere einen Dieselmotor, mit einem von einem Abgas (34) durchströmmbaren Abgasrohr (32), einer Einbringvorrichtung (36) für Harnstoff (40), einem in Strömungsrichtung (27) des Abgases (34) nachgeschalteten statischen Mischer (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, und einem in Strömungsrichtung (27) des Abgases (34) dem Mischer (1) nachgeschalteten DeNOx-Katalysator (46) zur Reduzierung der im Abgas (34) enthaltenen Stickoxide.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

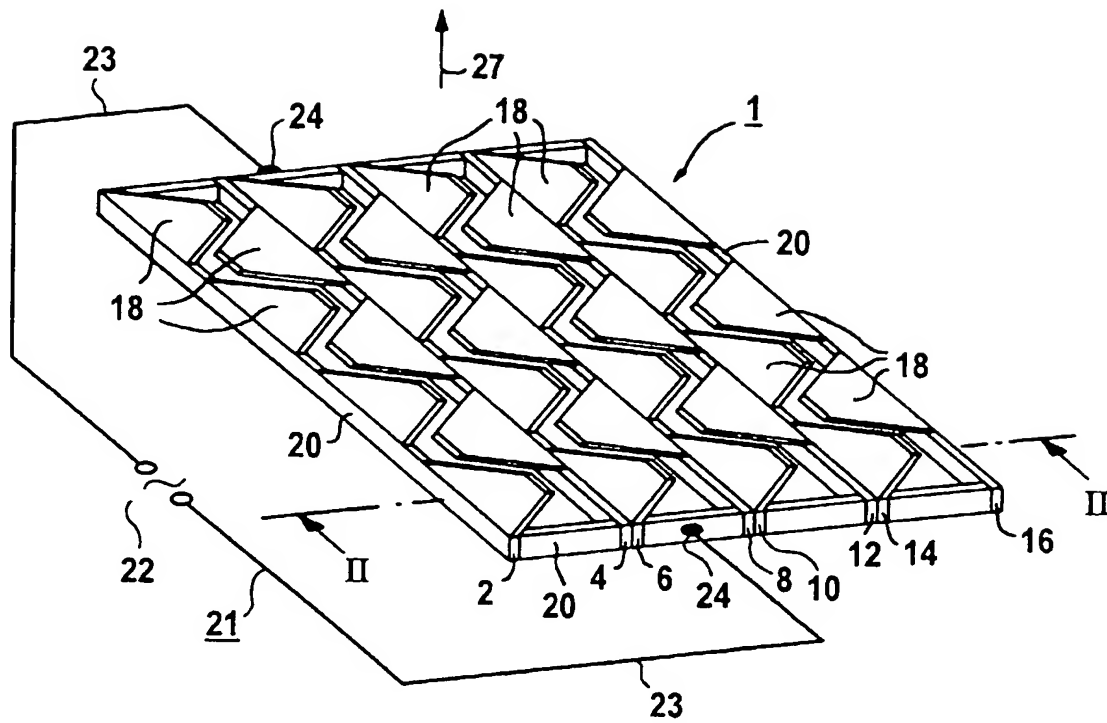


FIG 1

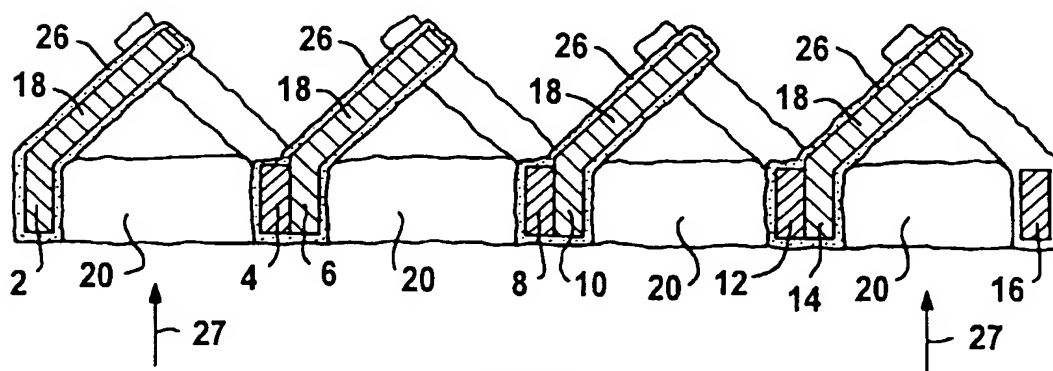


FIG 2

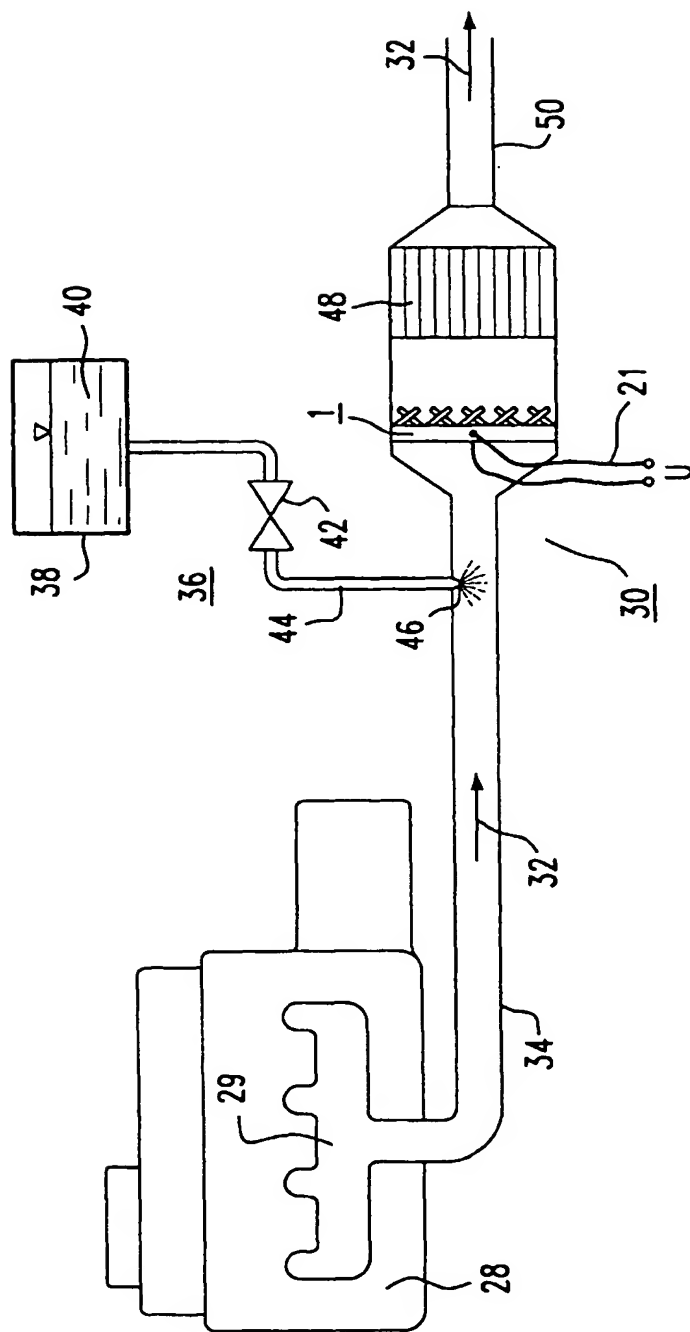


FIG 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 11 2962

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	EP 0 555 746 A (MAN NUTZFAHRZEUGE AG) 18.August 1993 * Seite 4, Zeile 43 - Seite 5, Zeile 42; Ansprüche 1,8,9 * * Seite 6, Zeile 11 * * Seite 6, Zeile 31-48 * Tabelle 1 ---	1-5,9	B01D53/86 B01F5/06 B01J35/02 F01N3/28
X	WO 97 01387 A (SIEMENS AG) 16.Januar 1997 * Seite 7, Zeile 19-30 * * Seite 14, Zeile 32-34; Abbildung 3 * ---	1	
A	EP 0 785 105 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHKI KAISHA) 23.Juli 1997 * Zusammenfassung *	5-8	
A	DE 44 21 066 A (AISIN SEIKI K.K.) 5.Januar 1995 * Zusammenfassung *	5-8	
A	US 5 390 493 A (FUJISHITA ET AL) 21.Februar 1995 * Zusammenfassung *	5-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
A	US 5 229 079 A (HARADA ET AL) 20.Juli 1993 * Zusammenfassung * -----	5-8	B01D B01F B01J F01N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 23.Dezember 1997	Prüfer Hoffmann, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.